



EP04/52736-

REC'D 10 JAN 2005

WIPO PCT

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 17 NOV. 2004

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIETE  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**BEST AVAILABLE COPY**

REMISE DES PIÈCES

DATE **7 NOV 2003**

LIEU **75 INPI PARIS 34 SP**

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

PAR L'INPI

**0313128**

**07 NOV. 2003**

Vos références pour ce dossier  
(facultatif)

**63223**

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

**BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 G W / 030103

**1** NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Madame Isabelle DUDOUIT  
THALES INTELLECTUAL PROPERTY  
31-33, Avenue Aristide Briand  
94117 ARCUÉIL Cedex

#### Confirmation d'un dépôt par télécopie

N° attribué par l'INPI à la télécopie

#### 2 NATURE DE LA DEMANDE

**Cochez l'une des 4 cases suivantes**

Demande de brevet

Demande de certificat d'utilité

Demande divisionnaire

*Demande de brevet initiale*

N°

Date 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N°

Date 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Transformation d'une demande de  
brevet européen *Demande de brevet initiale*

N°

Date 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

#### 3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE DE LOCALISATION D'UN OU DE PLUSIEURS EMETTEURS

#### 4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N°

Pays ou organisation

Date 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N°

Pays ou organisation

Date 

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N°

**S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»**

#### 5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

Personne morale

Personne physique

Nom  
ou dénomination sociale

THALES

Prénoms

Forme juridique

Société Anonyme

N° SIREN

15 52 05 91 02 41

Code APE-NAF

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Domicile  
ou  
siège

Rue

45, rue de Villiers

Code postal et ville

92526 NEUILLY SUR SEINE

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

**S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»**

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
page 2/2

**BR2**

REMISE DES PIÈCES DATE <b>7 NOV 2003</b>		Réervé à l'INPI
LIEU <b>75 INPI PARIS 34 SP</b>		
N° D'ENREGISTREMENT <b>0313128</b>		
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		

DB 540 W / 210502

<b>6 MANDATAIRE</b> (s'il y a lieu)		
Nom		DUDOUIT
Prénom		Isabelle
Cabinet ou Société		THALES
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325
Adresse	Rue	31-33, Avenue Aristide Briand
	Code postal et ville	19 41117 ARCUEIL Cedex
	Pays	
N° de téléphone (facultatif)		01 41 48 45 17
N° de télécopie (facultatif)		01 41 48 45 01
Adresse électronique (facultatif)		
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		<b>Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques</b>
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		<b>Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)</b>
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenu antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>
 Isabelle DUDOUIT		

L'invention concerne un procédé de localisation d'un ou de  
5 plusieurs émetteurs.

Il s'applique notamment à la localisation d'émetteurs au sol à partir  
d'un engin mobile sans avoir de connaissance a priori sur les signaux émis.

Le domaine technique est notamment celui de la localisation  
10 passive d'émetteurs.

La figure 1 illustre une localisation aéroportée. L'émetteur est à la position  $(x_0, y_0, z_0)$ . Le porteur à l'instant  $t_k$  est à la position  $(x_k, y_k, z_k)$  et voit l'émetteur sous l'incidence  $(\theta(t_k, x_0, y_0, z_0), \Delta(t_k, x_0, y_0, z_0))$ . Les angles  $\theta(t, x_0, y_0, z_0)$  et  $\Delta(t, x_0, y_0, z_0)$  évoluent au cours du temps et dépendent de la  
15 position de l'émetteur ainsi que de la trajectoire du porteur.

Les angles  $\theta(t, x_0, y_0, z_0)$  et  $\Delta(t, x_0, y_0, z_0)$  sont repérés par rapport à un réseau de  $N$  antennes pouvant être fixé sous le porteur comme le montre la figure 2.

Il existe actuellement plusieurs techniques permettant de  
20 déterminer la position  $(x_m, y_m, z_m)$  d'un émetteur. Ces techniques de localisation diffèrent notamment par les paramètres qui sont estimés en instantanée au niveau du réseau des capteurs. Elles peuvent être classées de la manière suivante:

#### **Utilisation de la goniométrie,**

25 Ces techniques sont connues et utilisées dans l'art antérieur. Dans la plupart des cas, elles sont basées sur une goniométrie 1D en azimut. Les azimuts  $\theta_{km} = \theta(t_k, x_m, y_m, z_m)$  associés au  $m^{\text{ème}}$  émetteur sont mesurés pour différents instants  $t_k$ . En utilisant la position  $(x_k, y_k, z_k)$  du porteur à l'instant correspondant  $k$ , une position  $(x_{mk}, y_{mk}, z_{mk})$  de l'émetteur  $m$  est  
30 estimée par une intersection sol. La position  $(x_k, y_k, z_k)$  du porteur est donnée par un GPS, son orientation est obtenue par un compas dans le cas d'un porteur terrestre et par une centrale de navigation dans le cas d'un aéronef.

A partir de toutes les positions  $(x_{mk}, y_{mk}, z_{mk})$ , la méthode effectue une extraction de données permettant de déterminer les  $M$  positions dominantes  $(x_m, y_m, z_m)$  des émetteurs incidents. La localisation est obtenue par triangulation ou par intersection sol (goniométrie 2D). L'inconvénient des

5 techniques de triangulation est qu'elles nécessitent un défilement important. D'autre part, les techniques de goniométrie doivent utiliser un réseau de capteurs non ambiguë pour fournir les incidences. Ceci a pour inconvénient de nécessiter une table de calibration et de limiter la taille du réseau de capteurs et par conséquent de fournir des incidences limitées en précision.

10 **Utilisation de la différence de phase entre 2 capteurs éloignés,**

La différence de phase  $\Delta\phi(t_k, x_0, y_0, z_0)$  entre capteurs dépend de la positions des 2 capteurs ainsi que de l'incidence  $(\theta(t_k, x_0, y_0, z_0), \Delta(t_k, x_0, y_0, z_0))$  de l'émetteur. Cette phase qui dépend du temps est directement liée à la position  $(x_0, y_0, z_0)$  de l'émetteur. En conséquence, en étudiant la fonction du

15 temps  $\Delta\phi(t, x_0, y_0, z_0)$  il est possible d'en déduire la position  $(x_0, y_0, z_0)$  de l'émetteur. Dans cette famille d'application les 2 capteurs sont éloignés pour augmenter la précision de la mesure de la phase. Ceci a pour inconvénient de faire varier la différence de phase  $\Delta\phi(t, x_0, y_0, z_0)$  en fonction du temps sur plus de  $2\pi$  et la technique nécessite alors une étape permettant de dérouler

20 la phase sur plus de  $2\pi$ . D'autre part dans cette technique la phase est mesurée en effectuant directement une intercorrélation entre 2 capteurs ce qui ne permet pas de traiter le cas multi-émetteurs.

**Utilisation de la mesure de la fréquence porteuse de l'émetteur,**

Ces techniques exploitent le fait que la fréquence porteuse estimée est la somme de la fréquence porteuse de l'émetteur et du décalage doppler du à la vitesse de déplacement du porteur. Le décalage doppler a l'avantage de dépendre de la position  $(x_0, y_0, z_0)$  de l'émetteur et d'être aussi une fonction du temps  $\Delta f(t, x_0, y_0, z_0)$ . En conséquence en étudiant la fonction du temps  $\Delta f(t, x_0, y_0, z_0)$  il est possible d'en déduire la position  $(x_0, y_0, z_0)$  de l'émetteur. La mesure de ce décalage doppler présente toutefois comme

inconvénient de nécessiter des émetteurs ayant des formes d'ondes particulières. Cette mesure de fréquence peut se faire par des techniques cycliques supposant que le signal émis est non circulaire.

#### Utilisation des temps de propagation,

5 Ces techniques exploitent les différences de temps de propagation entre aériens (TDOA ou Time difference of arrival) qui sont directement liées aux distances respectives de l'émetteur aux différents aériens et donc à la position  $(x_0, y_0, z_0)$  de l'émetteur. En utilisant au moins trois aériens suffisamment espacés, il est possible de déduire la position  $(x_0, y_0, z_0)$  de  
10 l'émetteur par localisation hyperbolique. L'inconvénient de ces techniques est qu'elles ne peuvent être mises en œuvre en contexte mono porteur en raison des espacements considérables requis entre aériens. D'autre part dans ces techniques, la différence de temps est mesurée en effectuant directement une intercorrélation entre 2 capteurs, ce qui ne permet pas de traiter le cas  
15 multi-émetteurs.

Le procédé selon l'invention repose notamment sur une nouvelle approche d'estimation directe des positions  $(x_m, y_m, z_m)$  de chacun des émetteurs à partir d'une analyse paramétrique du signal multi-voies à  
20 divers instants  $t_k$  sur une durée  $Dt$ . L'analyse paramétrique a notamment pour fonction supplémentaire de séparer les différents émetteurs à chaque instant  $t_k$ . On associe ensuite les paramètres d'un même émetteur issus des différents instants  $t_k$  pour finalement localiser chacun des émetteurs.

25 L'invention concerne un procédé de localisation d'une ou de plusieurs sources, la ou lesdites sources étant en mouvement par rapport à un réseau de capteurs, le procédé comportant une étape de séparation des sources afin d'identifier les vecteurs directeurs associés à la réponse des capteurs à une source d'incidence donnée. Il est caractérisé en ce qu'il  
30 comporte au moins les étapes suivantes :

- associer les vecteurs directeurs  $a_{1m} \dots a_{Km}$  du  $m^{\text{ième}}$  émetteur obtenus respectivement aux instants  $t_1 \dots t_K$ ,
- localiser le  $m^{\text{ième}}$  émetteur à partir des vecteurs  $a_{1m} \dots a_{Km}$  associés.

5 Le procédé selon l'invention présente notamment les avantages suivants :

- il permet de localiser en plus de la position en  $(x, y, z)$  d'un émetteur son vecteur vitesse,
- il s'applique lorsque l'on est en présence de un ou plusieurs émetteurs incidents,
- sa mise en oeuvre ne nécessite pas de connaissances particulières sur le signal émis,
- il permet d'utiliser un réseau de capteurs ambiguë c'est-à-dire plusieurs incidences sont associées à la même réponse du réseau qui ont l'avantage d'être grand et ainsi d'être plus robuste aux phénomènes de couplage entre aériens ou plus généralement aux erreurs de modélisation du réseau d'aériens,
- il peut être mis en oeuvre sur des réseaux calibrés en  $(\theta, \Delta)$ .
- il peut être mis en oeuvre sur des réseaux à antennes à diversités d'amplitude comme les antennes colocalisées : réseau avec des dipôles de même centre de phase et ayant des orientations différentes.

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'objet de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit donnée à titre illustratif et nullement limitatif à la lecture des figures annexées qui représentent :

- la figure 1 le schéma de principe de la localisation d'un émetteur de position au sol au moyen d'un aéronef,
- la figure 2 la relation entre un réseau d'antennes et l'incidence d'un émetteur,

- la figure 3 un schéma général expliquant le fonctionnement du procédé selon l'invention,
- les figures 4, 5 et 6 des exemples de mise en œuvre du procédé selon l'invention.

5

10 Afin de mieux faire comprendre l'objet de la présente invention, la description qui suit est donnée à titre illustratif et nullement limitatif pour localiser plusieurs émetteurs disposés au sol au moyen d'un réseau de capteurs équipant un aéronef en mouvement. Un tel système est par exemple décrit à la figure 1. L'aéronef est équipé d'un processeur adapté à mettre en œuvre les étapes du procédé selon l'invention.

Le procédé peut aussi être mis en œuvre dans le cadre de véhicule en mouvement au sol.

15 La figure 3 représente, dans un diagramme temps-amplitude du signal, le signal  $x(t)$  composé d'une combinaison des signaux des émetteurs à différents instants  $t_1, t_2, \dots, t_k$ . Sur cette figure les différentes étapes mises en œuvre à savoir la séparation des émetteurs SE et l'estimation paramétrique EP, l'association des paramètres de chaque émetteur, la localisation d'un émetteur sont résumées.

20 En présence de  $M$  émetteurs, le procédé dispose, à l'instant  $t$  en sortie des  $N$  capteurs du réseau, du vecteur  $x(t)$  représentatif du mélange des signaux des  $M$  émetteurs. Autour de l'instant  $t_k$ , le vecteur  $x(t+t_k)$  de dimension  $N \times 1$ , représentant le mélange des signaux des  $M$  émetteurs, s'exprime de la manière suivante :

$$x(t+t_k) = \sum_{m=1}^M a(\theta_{km}, \Delta_{km}) s_m(t+t_k) + b(t+t_k) = A_k s(t+t_k) + b(t+t_k) \quad \text{pour } |t| < \Delta t/2 \quad (1)$$

25 où  $b(t)$  est le vecteur bruit supposé gaussien,  $a(\theta, \Delta)$  est la réponse du réseau de capteurs à une source d'incidence  $(\theta, \Delta)$ ,  $A_k = [a(\theta_{k1}, \Delta_{k1}) \dots a(\theta_{kM}, \Delta_{kM})]$ ,  $s(t) = [s_1(t) \dots s_M(t)]^T$ ,  $\theta_{km} = \theta(t_k, x_m, y_m, z_m)$  et  $\Delta_{km} = \Delta(t_k, x_m, y_m, z_m)$ . Dans ce modèle la matrice  $A_k$  de mélange dépend de l'instant  $t_k$  d'observation.

Le vecteur directeur de l'incidence correspondant au  $m^{\text{ième}}$  émetteur à l'instant  $t_k$

$$\mathbf{a}_{km} = \mathbf{a}(\theta_{km}, \Delta_{km}) = \mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) \text{ du } m^{\text{ième}} \text{ émetteur} \quad (2)$$

est une fonction connue de  $t_k$  et de la position de l'émetteur  $(x_m, y_m, z_m)$ .

5 Le procédé selon l'invention comporte au moins les étapes suivantes :

1. estimer un ou plusieurs paramètres associés à la position de la source, par exemple les vecteurs directeurs, les incidences, la position, etc. et séparer les  $M$  émetteurs pour les différents instants  $t_k$ , ce qui consiste à 10 identifier les vecteurs directeurs d'incidence  $\mathbf{a}_{km}$  pour  $(1 \leq m \leq M)$ . Cette première étape est par exemple effectuée par des techniques de séparation de sources connues de l'Homme du métier,
2. associer les paramètres estimés pour le  $m^{\text{ième}}$  émetteur, par exemple en associant les différents vecteurs directeurs d'incidences,  $\mathbf{a}_{1m}, \dots, \mathbf{a}_{km}$  15 obtenus respectivement aux instants  $t_1, \dots, t_k$ ,
3. localiser le  $m^{\text{ième}}$  émetteur à partir des vecteurs associés.

#### Etape d'association

En présence de  $M$  émetteurs et après séparation de sources, le procédé possède à l'instant  $t_k$  les  $M$  signatures  $\mathbf{a}_{km}$  pour  $(1 \leq m \leq M)$ . A l'instant 20  $t_{k+1}$  la séparation de source donne les  $M$  vecteurs  $\mathbf{b}_i$  pour  $(1 \leq i \leq M)$ . L'objectif de ce suivi est de déterminer pour le  $m^{\text{ième}}$  émetteur, l'indice  $i(m)$  qui minimise l'écart entre  $\mathbf{a}_{km}$  et  $\mathbf{b}_{i(m)}$ . Dans ce cas on en déduira que  $\mathbf{a}_{k+1, m} = \mathbf{b}_{i(m)}$ . Pour effectuer cette association on définit par exemple la distance entre deux vecteurs  $\mathbf{u}$  et  $\mathbf{v}$  par :

$$d(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = 1 - \frac{|\mathbf{u}^H \mathbf{v}|^2}{(\mathbf{u}^H \mathbf{u})(\mathbf{v}^H \mathbf{v})} \quad (3)$$

25 Où  $\mathbf{u}^H$  est le transposé conjugué du vecteur  $\mathbf{u}$ .

Dans ces conditions l'indice  $i(m)$  vérifie :

$$d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_{i(m)}) = \min_{1 \leq i \leq M} [d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_i)] \quad (4)$$

donc

$$d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_{i(m)}) = \min_{1 \leq i \leq M} \left[ 1 - \frac{\left| \mathbf{a}_{km}^H \mathbf{b}_{i(m)} \right|^2}{\left( \mathbf{a}_{km}^H \mathbf{a}_{km} \right) \left( \mathbf{b}_{i(m)}^H \mathbf{b}_{i(m)} \right)} \right]$$

Dans cette association on considère une fonction  $\beta_m$  associée au  $m^{\text{ème}}$  émetteur:

$$\beta_m(t_k) = d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{a}_{0m}) \quad (5)$$

5 Au fil de l'association on obtient pour chaque émetteur  $m$  et pour  $1 \leq m \leq M$ , la fonction  $\beta_m(t)$ . Cette fonction a notamment pour objectif d'éliminer les instants  $t_k$  dont la valeur  $\beta_m(t_k)$  paraît trop éloignée d'une interpolation de la fonction  $\beta_m(t)$ , c'est-à-dire que l'on élimine les instants aberrants qui peuvent être associés à d'autres émetteurs. On définit une zone de tolérance  $+\Delta$  autour de la courbe définie par la fonction  $\beta_m(t_k)$ . Cette zone de tolérance dépendra de la précision d'estimation des vecteurs directeurs  $\mathbf{a}_{km}$ . En particulier, en présence de  $M=1$  source la zone sera de l'ordre de  $\Delta=3/\sqrt{B\Delta t}$  (où  $\Delta t$  est le temps élémentaire d'estimation paramétrique illustré fig.3 et  $B$  est la bande instantanée du signal  $x(t)$  ).

10 15 Les étapes de cette association pour  $K$  instants  $t_k$  sont par exemple les suivantes :

**Etape ASE – 1 :** Initialisation du processus à  $k=2$ . Le nombre  $M$  d'émetteurs initial est par exemple déterminé par un test de détection du nombre de sources à l'instant  $t_0$  connu de l'Homme du métier,

20 **Etape ASE – 2 :** Pour  $1 \leq m \leq M$  détermination des indices  $i(m)$  en appliquant l'équation (4) et en utilisant le vecteur  $\mathbf{a}_{k,m}$  avec  $1 \leq m \leq M$  et les vecteurs  $\mathbf{b}_i$  identifiés à l'instant  $t_{k+1}$  pour  $(1 \leq i \leq M)$ ,

**Etape ASE – 3 :** Pour  $1 \leq m \leq M$  effectuer l'opération  $\mathbf{a}_{k+1,m} = \mathbf{b}_{i(m)}$ ,

**Etape ASE – 4 :** Incrémentation  $k \leftarrow k+1$  et si  $k < K$  retour à l'étape ASE-1,

25 **Etape ASE – 5 :** A partir de la famille d'instants  $\Phi = \{ t_1 < \dots < t_K \}$ , éliminer les /

instants  $t_i \in \Phi$  tel que les coefficients  $\beta_m(t_i)$  n'appartiennent pas à la zone délimitée par la courbe d'interpolation des  $\beta_m(t_k)$  et la zone de tolérance  $\Delta$ . On éliminera aussi les instants  $t_k$  où  $|\beta_m(t_k) - \beta_m(t_{k-1})| < \Delta$ . Après ce tri la nouvelle famille d'instants est  $\Phi = \{t_1 < \dots < t_l\}$  et on pose  $K = l$ .

5 A la fin de ces étapes, le procédé a déterminé les vecteurs  $\mathbf{a}_{1m}$  .....  $\mathbf{a}_{Km}$  associés au  $m^{\text{ème}}$  émetteur.

#### Localisation d'un émetteur

Le procédé détermine la position du  $m^{\text{ème}}$  émetteur à partir des composantes des vecteurs  $\mathbf{a}_{1m}$  jusqu'à  $\mathbf{a}_{Km}$ . Ces vecteurs  $\mathbf{a}_{km}$  ont la 10 particularité de dépendre de l'instant  $t_k$  et surtout de la position  $(x_m, y_m, z_m)$  de l'émetteur. En particulier pour un réseau composé de  $N=2$  capteurs espacés d'une distance de  $d$  dans l'axe du porteur le vecteur vérifie  $\mathbf{a}_{km}$ :

$$\mathbf{a}_{km} = \left[ \begin{matrix} 1 \\ \exp\left(j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_k, x_m, y_m, z_m)) \cos(\Delta(t_k, x_m, y_m, z_m))\right) \end{matrix} \right] = \mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) \quad (6)$$

La valeur 1 de la première composante correspond au capteur de référence. D'après la figure 1, l'incidence  $(\theta(t_k, x_m, y_m, z_m), \Delta(t_k, x_m, y_m, z_m))$  peut 15 être directement calculée à partir de la position  $(x_k, y_k, z_k)$  du porteur à l'instant  $t_k$  et la position  $(x_m, y_m, z_m)$  de l'émetteur.

#### Etape de transformation du vecteur

Selon une variante de réalisation, le procédé comporte une étape de transformation du vecteur  $\mathbf{a}_{km}$  en un vecteur  $\mathbf{b}_{km}$  dont les composantes 20 sont formées à partir des composantes du vecteur  $\mathbf{a}_{km}$ . En particulier, le procédé construit par exemple le vecteur  $\mathbf{b}_{km}$  de dimension  $(N-1) \times 1$  en choisissant un capteur de référence en  $n=i$ :

$$\mathbf{b}_{km} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_{km}(1) / a_{km}(i) \\ \vdots \\ \mathbf{a}_{km}(i-1) / a_{km}(i) \\ \mathbf{a}_{km}(i+1) / a_{km}(i) \\ \vdots \\ \mathbf{a}_{km}(N) / a_{km}(i) \end{bmatrix} = \mathbf{b}(t_k, x_m, y_m, z_m) \quad \text{où } \mathbf{a}_{km}(i) \text{ est la } i^{\text{ème}} \text{ composante de } \mathbf{a}_{km} \quad (7)$$

Les composantes de  $\mathbf{b}_{km}$  correspondent dans ce cas aux rapports des composantes du vecteur  $\mathbf{a}_{km}$  et du vecteur  $\mathbf{a}_{km}(i)$ .

Ainsi dans l'exemple de l'équation (6) en fixant  $i=1$  on obtient :

$$\begin{aligned} \mathbf{b}_{km} &= \left[ \exp \left( j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_k, x_m, y_m, z_m)) \cos(\Delta(t_k, x_m, y_m, z_m)) \right) \right] \\ &= \mathbf{a}_{km}(2) / \mathbf{a}_{km}(1) \end{aligned} \quad (8)$$

Sachant que les vecteurs directeurs  $\mathbf{a}_{km}$  sont estimés avec une certaine erreur  $\mathbf{e}_{km}$  tel que  $\mathbf{a}_{km} = \mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) + \mathbf{e}_{km}$ , on peut en déduire qu'il en est de même pour le vecteur transformé  $\mathbf{b}_{km}$  de (7).

#### Etape de maximisation d'un critère de corrélation

Sachant que le vecteur  $\mathbf{a}_{km}$  est une fonction de la position  $(x_m, y_m, z_m)$  de l'émetteur il en est de même pour le vecteur  $\mathbf{b}_{km}$ . Le procédé comporte une étape de maximisation d'un critère de corrélation vectorielle normalisé  $L_K(x, y, z)$  dans l'espace  $(x, y, z)$  de position d'un émetteur où

$$L_K(x, y, z) = \frac{\left| \mathbf{b}_K^H \mathbf{v}_K(x, y, z) \right|^2}{\left( \mathbf{b}_K^H \mathbf{b}_K \right) \left( \mathbf{v}_K(x, y, z)^H \mathbf{v}_K(x, y, z) \right)} \quad (9)$$

Avec

$$\mathbf{b}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{b}_{Km} \end{bmatrix} = \mathbf{v}_K(x_m, y_m, z_m) + \mathbf{w}_K, \quad \mathbf{v}_K(x, y, z) = \begin{bmatrix} \mathbf{b}(t_1, x, y, z) \\ \vdots \\ \mathbf{b}(t_K, x, y, z) \end{bmatrix}$$

$$\text{et } \mathbf{w}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{w}_{Km} \end{bmatrix}$$

Le vecteur bruit  $\mathbf{w}_K$  a pour matrice de covariance  $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_K \mathbf{w}_K^H]$ . En faisant l'hypothèse que la matrice  $\mathbf{R}$  est connue, le critère peut être envisagé avec une technique de blanchiment. Dans ces conditions on obtient le critère  $L_K'(x, y, z)$  suivant :

$$L_K'(x, y, z) = \frac{|\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x, y, z)|^2}{(\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{b}_K) (\mathbf{v}_K(x, y, z)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x, y, z))} \quad (10)$$

Avec  $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_K \mathbf{w}_K^H]$

- 5   • Il faut remarquer que les critères des équations (9) et (10) sont égaux lorsque  $\mathbf{R} = \sigma^2 \mathbf{I}$ , c'est à dire lorsque les erreurs sont considérées de niveau égal sur tous les capteurs et indépendantes entre capteurs. Le critère  $L_K(x, y, z)$  de l'équation (10) est donc valable pour un bruit de modèle  $\mathbf{w}_K$  de statistiques blanches.
- 10   • Les critères  $L_K(x, y, z)$  et  $L_K'(x, y, z)$  sont compris entre 0 et 1 et vérifient  $L_K(x, y, z) = L_K'(x, y, z) = 1$  pour la position  $(x_m, y_m, z_m)$  du  $m^{\text{ème}}$  émetteur. Cette normalisation permet de fixer un seuil de bonne localisation  $\eta$ . Ainsi tous les maximums  $(x_m, y_m, z_m)$  de  $L_K(x, y, z)$  qui vérifient  $L_K(x_m, y_m, z_m) > \eta$  sont considérés comme des bonnes localisations. Le seuil peut être fixé en fonction d'une connaissance approchée des statistiques de  $\mathbf{w}_K$ .
- 15   • Les critères  $L_K(x, y, z)$  et  $L_K'(x, y, z)$  ont l'avantage de pouvoir mettre en œuvre une technique de localisation en présence d'un réseau de capteurs calibrés dans l'espace  $(\theta, \Delta)$ . Sachant qu'à l'instant  $t_k$  on connaît la relation analytique liant l'incidence  $(\theta(t_k, x, y, z), \Delta(t_k, x, y, z))$  de l'émetteur à sa position  $(x, y, z)$ , on peut alors déduire à partir de l'incidence  $(\theta(t_k, x, y, z), \Delta(t_k, x, y, z))$  le vecteur  $\mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) = \mathbf{a}(\theta(t_k, x, y, z), \Delta(t_k, x, y, z))$  en réalisant une interpolation de la table de calibration (relative aux antennes calibrées). Remarquons

cependant que ce procédé est insensible à un biais en phase (en raison du critère de corrélation vectorielle).

- Ces critères permettent aussi de tenir compte de la phase et de l'amplitude des composantes de  $\mathbf{a}(\theta, \Delta)$ . La méthode peut donc être envisagée avec des

5 réseaux à antennes colocalisées à diversité de diagramme.

Il faut remarquer que dans un contexte aéroporté la connaissance de l'altitude  $h$  de l'avion permet de réduire le calcul du critère dans l'espace de recherche  $(x, y)$  en posant  $z=h$ . Dans l'exemple des équations (6) et (8) le vecteur  $\mathbf{v}_K(x, y, z)$  s'écrit de la manière suivante :

$$\mathbf{v}_K(x, y, z) = \begin{bmatrix} \exp\left(j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_1, x, y, z)) \cos(\Delta(t_1, x, y, z))\right) \\ \vdots \\ \exp\left(j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_K, x, y, z)) \cos(\Delta(t_K, x, y, z))\right) \end{bmatrix} \quad (11)$$

10 Dans ce procédé il est possible d'envisager d'initialiser l'algorithme à  $K=K_0$  puis ensuite de calculer de façon récursive le critère  $L_K(x, y, z)$ . Dans ces conditions  $L_K(x, y, z)$  se calcule récursivement de la façon suivante :

$$L_{K+1}(x, y, z) = \frac{|\alpha_{K+1}(x, y, z)|^2}{\beta_{K+1} \gamma_{K+1}(x, y, z)} \quad (12)$$

où

$$\alpha_{K+1}(x, y, z) = \alpha_K(x, y, z) + \mathbf{b}_{K+1, m}^H \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$$

$$\gamma_{K+1}(x, y, z) = \gamma_K(x, y, z) + \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)^H \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$$

$$\beta_{K+1} = \beta_K + \mathbf{b}_{K+1, m}^H \mathbf{b}_{K+1, m}$$

15 Les coefficients  $\alpha_{K+1}(x, y, z) = \alpha_K(x, y, z)$ ,  $\gamma_{K+1}(x, y, z) = \gamma_K(x, y, z)$ ,  $\beta_{K+1} = \beta_K$  sont des spectres intermédiaires permettant de calculer  $L_{K+1}(x, y, z)$ .

Lorsque les vecteurs  $\mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$  et  $\mathbf{b}_{km}$  sont de normes

constantes égale à  $\rho$  la relation de récurrence de l'équation (12) devient :

$$L_{K+1}(x, y, z) = \frac{|\alpha_{K+1}(x, y, z)|^2}{\beta^2 (K+1)^2} \quad (13)$$

où

$$\alpha_{K+1}(x, y, z) = \alpha_K(x, y, z) + \mathbf{b}_{K+1, m}^H \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$$

Le procédé est décrit jusqu'ici en supposant que les émetteurs ont des positions fixes. Il peut facilement s'étendre au cas de cibles mobiles de vecteur vitesse  $(v_{xm}, v_{ym}, v_{zm})$  pour lesquelles on dispose d'un modèle 5 d'évolution. Dans ces conditions l'incidence du  $m^{\text{ème}}$  émetteur se paramétrise de la manière suivante :

$$\theta_{km} = \theta(t_k, x_m - v_{xm} t_k, y_m - v_{ym} t_k, z_m - v_{zm} t_k) \text{ et } \Delta_{km} = \Delta(t_k, x_m - v_{xm} t_k, y_m - v_{ym} t_k, z_m - v_{zm} t_k) \quad (14)$$

où  $(x_m, y_m, z_m)$  est la position de l'émetteur à l'instant  $t_0$  et  $(v_{xm}, v_{ym}, v_{zm})$  les composantes de la vitesse de l'émetteur à l'instant  $t_0$ . Dans ces conditions le vecteur  $\mathbf{b}_{km}$  de l'équation (7) est paramétré par  $(x_m, y_m, z_m)$  et  $(v_{xm}, v_{ym}, v_{zm})$  de 10 la manière suivante :

$$\mathbf{b}_{km} = \mathbf{b}(t_k, x_m, y_m, z_m, v_{xm}, v_{ym}, v_{zm}) + \mathbf{w}_{km} \quad (15)$$

De manière naturelle les critères de localisation  $L_K$  et  $L_K'$  des équations (9) et (10) ne sont plus paramétrés seulement par  $(x, y, z)$  mais aussi par  $(v_x, v_y, v_z)$ . Le procédé consiste donc à maximiser le critère  $L_K(x, y, z, v_x, v_y, v_z)$  en fonctions des 6 paramètres  $(x, y, z, v_x, v_y, v_z)$ .

15 Le procédé peut s'appliquer à un très grand nombre de mesures. Dans ce cas, le procédé comporte une étape de réduction de la complexité numérique de calcul (qui est fonction du nombre de mesures) en diminuant  $K$ . Le procédé prévoit d'effectuer sur les mesures élémentaires les traitements suivants :

20 - décimation des instants  $t_k$ , en éliminant les instants voisins pour lesquels l'évolution de la courbe  $\beta_m(t_k)$  n'est pas significative,

- filtrage (lissage des mesures qui sont les vecteurs directeurs) et sous

échantillonnage,

- les mesures sont ensuite fusionnées sur une durée définie (extraction par association de vecteur directeur pour produire une mesure de synthèse).

### Récapitulation des étapes du procédé

5 Le procédé de localisation de plusieurs émetteurs utilisant  $K$  instants  $t_k$  peut se résumer par les étapes suivantes :

**Etape n°1 :** Identification des vecteurs  $\mathbf{a}_{km}$  pour  $(1 \leq m \leq M)$  aux  $K$  instants  $t_k$  en appliquant par exemple une technique de séparation de sources et d'identification de sources comme décrit dans les références [2] [3].

10 **Etape n°2 :** Association des vecteurs  $\mathbf{a}_{1m}$  jusqu'à  $\mathbf{a}_{Km}$  obtenus aux instants respectifs  $t_1 \dots t_K$  associé au  $m^{\text{ème}}$  émetteur pour  $1 \leq m \leq M$  en appliquant les étapes ASE-1 jusqu'à ASE-5 décrit ci-dessus.

**Etape n°3 :** Initialisation du processus à  $m=1$

15 **Etape n°4 :** Transformation des  $K$  vecteurs  $\mathbf{a}_{km}$  en des vecteurs  $\mathbf{b}_{Km}$  comme le suggère l'équation (7).

**Etape n°5 :** Calcul et maximisation du critère  $L_K(x,y,z)$  de l'équation (9) pour obtenir la position  $(x_m, y_m, z_m)$  du  $m^{\text{ème}}$  émetteur.

**Etape n°6 :** Incrémentation  $m \leftarrow m+1$  et si  $m < M$  retour à l'étape n°3

20 Afin d'affiner l'estimation de la position  $(x_m, y_m, z_m)$  des émetteurs les étapes du procédé peuvent être réalisées de façon itérative de la manière suivante :

**Etape n°7 :** Identification des vecteurs  $\mathbf{b}_i$  pour  $(1 \leq i \leq M)$  à l'instants  $t_{K+1}$  en appliquant par exemple une technique de séparation et d'identification de sources comme décrit dans les références [2] [3].

25 **Etape n°8 :** Pour  $1 \leq m \leq M$  détermination des indices  $i(m)$  en appliquant l'équation (4) et en utilisant le vecteur  $\mathbf{a}_{km}$  et les vecteurs  $\mathbf{b}_i$  pour  $(1 \leq i \leq M)$ .

**Etape n°9 :** Pour  $1 \leq m \leq M$  est effectué l'opération  $\mathbf{a}_{K+1, m} = \mathbf{b}_{i(m)}$

**Etape n°10 :** Pour  $1 \leq m \leq M$  calcul du critère  $L_{K+1}(x,y,z)$  de façon itérative en utilisant les équations (12) et (13) et minimisation de  $L_{K+1}(x,y,z)$  pour obtenir la position  $(x_m, y_m, z_m)$  du  $m^{\text{ème}}$  émetteur.

**Etape n°11 :** Si l'on décide de continuer pour être plus précis et moins

5 ambiguë le procédé retourne à l'étape n°7.

### Exemple de mise en œuvre du procédé

Les simulations ont été réalisées avec un réseau de  $N=2$  capteurs alignés dans l'axe du porteur avec  $d/\lambda=3$ . Comme  $d/\lambda=3$  une méthode 10 effectuant une goniométrie aux instants  $t_k$  serait complètement ambiguë et ne permettrait pas de faire par la suite des triangulations pour effectuer la localisation de l'émetteur. Sur les figures 5, 6 et 7 correspondant aux critères de localisation pour  $K=3, 7$  et  $16$  est tracé le pseudo-spectre  $L_K(x,y)$  à maximiser permettant de déterminer la position de l'émetteur dans l'espace 15  $(x,y)$ . Sachant que si l'émetteur se situe en  $(x_0, y_0)$  alors  $L_K(x_0, y_0)=1$ , on en déduit que les courbes iso-niveaux  $L_K(x,y)=0.99$  caractérisent la largeur du lobe principale. Remarquant que la précision de localisation dépend de la largeur de ce lobe, on en déduit d'après les figures 5, 6 et 7 que plus  $K$  est important et meilleur sera la précision de localisation.

20

### Références

- [1] RO.SCHMIDT. *A signal subspace approach to multiple emitter location and spectral estimation*, November 1981
- [2] J.F. CARDOSO, A. SOULOUMIAC, Blind beamforming for non-gaussian signals, *IEE Proceedings-F*, Vol.140, N°6, pp. 362-370, Dec. 1993.
- [3] P. COMON, Independent Component Analysis, a new concept?, *Signal Processing*, Elsevier, avril 1994, vol 36, n°3, pp 287-314.

## REVENDICATIONS

1 - Procédé de localisation d'un ou de plusieurs sources, la ou lesdites sources étant en mouvement par rapport à un réseau de capteurs, le

5 procédé comportant une étape de séparation des sources afin d'identifier les vecteurs directeurs associés à la réponse des capteurs à une source d'incidence donnée, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

10     • associer les vecteurs directeurs  $a_{1m} \dots a_{Km}$  obtenus pour le *m*ème émetteur et respectivement pour les instants  $t_1 \dots t_K$ ,

   • localiser le *m*ème émetteur à partir des vecteurs  $a_{1m} \dots a_{Km}$  associés.

2 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'étape d'association comporte au moins les étapes suivantes :

15     **Etape ASE - 1 :** initialiser le processus à  $k=2$ ,

**Etape ASE - 2 :** pour  $1 \leq m \leq M$  déterminer les indices  $i(m)$  en utilisant la relation  $d(a_{km}, b_{i(m)}) = \min_{i \in ISM} [d(a_{km}, b_i)]$ , le vecteur  $a_{k,m}$  et les vecteurs  $b_i$  identifiés à l'instant  $t_{k+1}$  pour  $(1 \leq i \leq M)$ , établir une fonction  $\beta_m(t_k) = d(a_{km}, a_{0m})$

**Etape ASE - 3 :** pour  $1 \leq m \leq M$  effectuer l'opération  $a_{k+1,m} = b_{i(m)}$ ,

20     **Etape ASE - 4 :** incrémenter  $k \leftarrow k+1$  et si  $k < K$  retourner à l'étape ASE-1,

**Etape ASE - 5 :** à partir de la famille d'instants  $\Phi = \{ t_1 < \dots < t_K \}$ , ainsi obtenue, extraire les instants  $t_i$  qui n'appartiennent pas à une zone définie par la courbe  $\beta_m(t_k)$  et une zone de tolérance.

25     3 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'étape de localisation comporte au moins les étapes suivantes :

   maximiser un critère de corrélation vectorielle normalisé  $L_k(x, y, z)$  dans l'espace  $(x, y, z)$  de position d'un émetteur avec

$$L_k(x, y, z) = \frac{|b_k^H v_k(x, y, z)|^2}{(b_k^H b_k) (v_k(x, y, z)^H v_k(x, y, z))}$$

## REVENDICATIONS

1 - Procédé de localisation d'une ou de plusieurs sources, la ou lesdites sources étant en mouvement par rapport à un réseau de capteurs, le procédé comportant une étape de séparation des sources afin d'identifier les vecteurs directeurs associés à la réponse des capteurs à une source d'incidence donnée, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- associer les vecteurs directeurs  $a_{1m} \dots a_{Km}$  obtenus pour le  $m$ ième émetteur et respectivement pour les instants  $t_1 \dots t_K$ ,
- localiser le  $m$ ième émetteur à partir des vecteurs  $a_{1m} \dots a_{Km}$  associés.

2 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'étape d'association comporte au moins les étapes suivantes :

15 **Etape ASE - 1 :** initialiser le processus à  $k=2$ ,

**Etape ASE - 2 :** pour  $1 \leq m \leq M$  déterminer les indices  $i(m)$  en utilisant la relation  $d(a_{km}, b_{i(m)}) = \min_{1 \leq i \leq M} [d(a_{km}, b_i)]$ , le vecteur  $a_{k,m}$  et les vecteurs  $b_i$  identifiés à l'instant  $t_{k+1}$  pour  $(1 \leq i \leq M)$ , établir une fonction  $\beta_m(t_k) = d(a_{km}, a_{0m})$

**Etape ASE - 3 :** pour  $1 \leq m \leq M$  effectuer l'opération  $a_{k+1,m} = b_{i(m)}$ ,

20 **Etape ASE - 4 :** incrémenter  $k \leftarrow k+1$  et si  $k < K$  retour à l'étape ASE-1,

**Etape ASE - 5 :** à partir de la famille d'instants  $\Phi = \{ t_1 < \dots < t_K \}$ , ainsi obtenue, extraire les instants  $t_i$  qui n'appartiennent pas à une zone définie par la courbe  $\beta_m(t_k)$  et une zone de tolérance.

25 3 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'étape de localisation comporte au moins les étapes suivantes :

maximiser un critère de corrélation vectorielle normalisé  $L_k(x, y, z)$  dans l'espace  $(x, y, z)$  de position d'un émetteur avec

Avec

$$\mathbf{b}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{b}_{Km} \end{bmatrix} = \mathbf{v}_K(x_m, y_m, z_m) + \mathbf{w}_K, \quad \mathbf{v}_K(x, y, z) = \begin{bmatrix} \mathbf{b}(t_1, x, y, z) \\ \vdots \\ \mathbf{b}(t_K, x, y, z) \end{bmatrix}$$

$$\text{et } \mathbf{w}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{w}_{Km} \end{bmatrix}$$

où  $\mathbf{w}_K$  est le vecteur bruit pour toutes les positions  $(x, y, z)$  d'un émetteur.

5

4 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que le vecteur  $\mathbf{b}_K$  comporte un vecteur représentatif du bruit dont les composantes sont fonctions des composantes des vecteurs  $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{Km}$ .

10 5 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'il comporte une étape où l'on détermine la matrice de covariance  $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_K \mathbf{w}_K^H]$  du vecteur bruit et en ce que l'on maximise le critère

$$L_K'(x, y, z) = \frac{|\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x, y, z)|^2}{(\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{b}_K) \mathbf{v}_K(x, y, z)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x, y, z)}$$

15 6 - Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que l'évaluation du critère  $L_K(x, y, z)$  et/ou du critère  $L_K'(x, y, z)$  est récursive.

7 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de comparaison des maximums avec une valeur seuil.

20 8 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que la valeur de  $K$  est initialement fixée à  $K_0$ .

$$L_K(x, y, z) = \frac{\left| \mathbf{b}_K^H \mathbf{v}_K(x, y, z) \right|^2}{\left( \mathbf{b}_K^H \mathbf{b}_K \right) \left( \mathbf{v}_K(x, y, z)^H \mathbf{v}_K(x, y, z) \right)}$$

Avec

$$\mathbf{b}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{b}_{Km} \end{bmatrix} = \mathbf{v}_K(x_m, y_m, z_m) + \mathbf{w}_K, \quad \mathbf{v}_K(x, y, z) = \begin{bmatrix} \mathbf{b}(t_1, x, y, z) \\ \vdots \\ \mathbf{b}(t_K, x, y, z) \end{bmatrix}$$

$$\text{et } \mathbf{w}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{w}_{Km} \end{bmatrix}$$

5 où  $\mathbf{w}_k$  est le vecteur bruit pour toutes les positions  $(x, y, z)$  d'un émetteur.

4 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que le vecteur  $\mathbf{b}_K$  comporte un vecteur représentatif du bruit dont les composantes sont fonctions des composantes des vecteurs  $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{Km}$ .

10

5 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'il comporte une étape où l'on détermine la matrice de covariance  $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_K \mathbf{w}_K^H]$  du vecteur bruit et en ce que l'on maximise le critère

$$L'_K(x, y, z) = \frac{\left| \mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x, y, z) \right|^2}{\left( \mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{b}_K \right) \left( \mathbf{v}_K(x, y, z)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x, y, z) \right)}$$

15 6 - Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que l'évaluation du critère  $L_K(x, y, z)$  et/ou du critère  $L'_K(x, y, z)$  est récursive.

7 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de comparaison des maximums avec une valeur seuil.

20

9 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que les émetteurs à localiser sont mobiles et en ce que le vecteur considéré est paramétré par la position de l'émetteur à localiser et le vecteur vitesse.

8 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que les émetteurs à localiser sont mobiles et en ce que le vecteur considéré est paramétré par la position de l'émetteur à localiser et le vecteur vitesse.

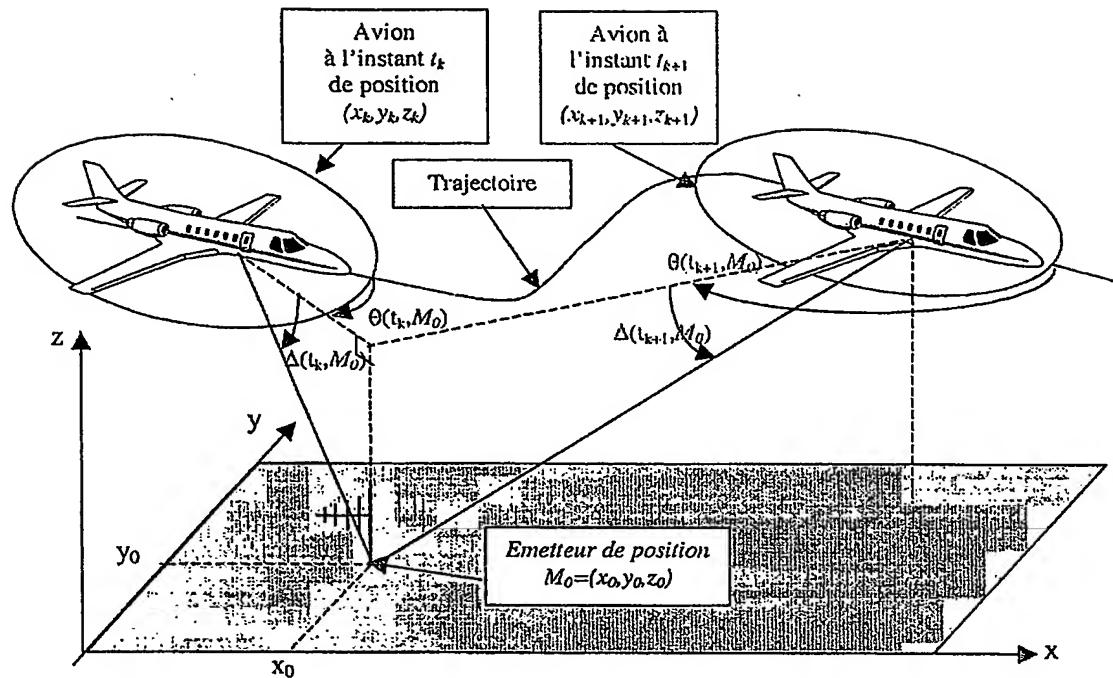


FIG.1

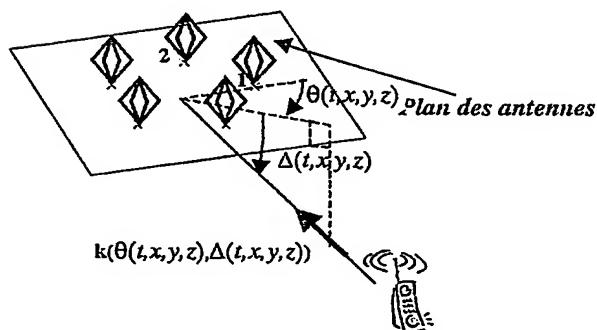


FIG.2

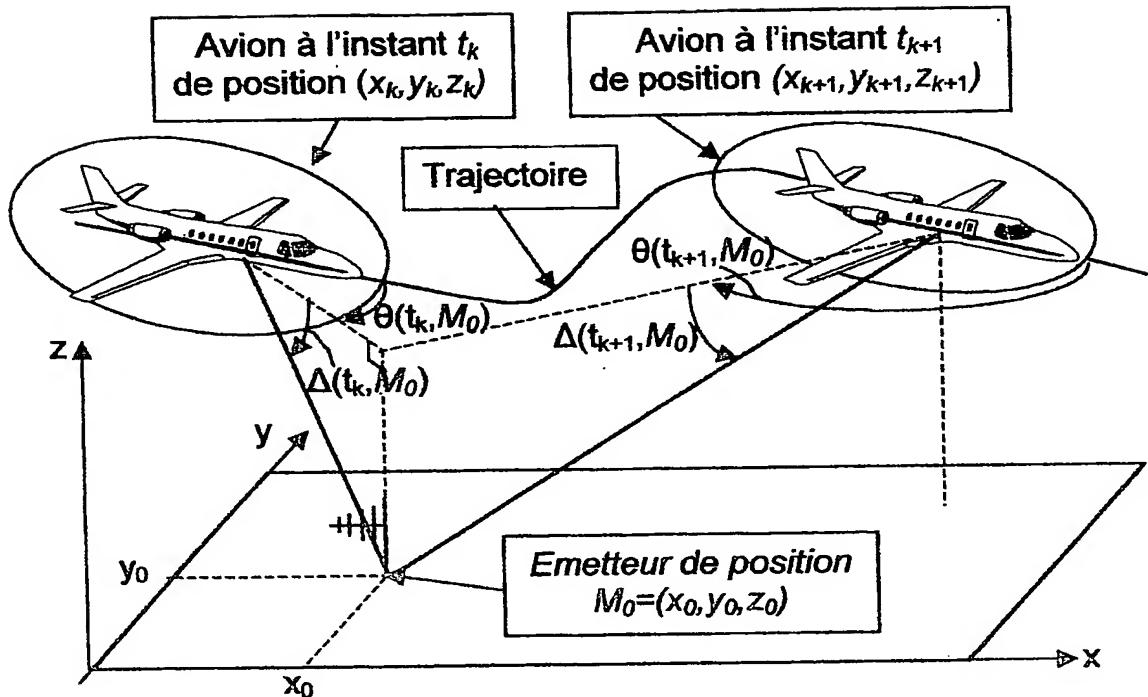


FIG.1

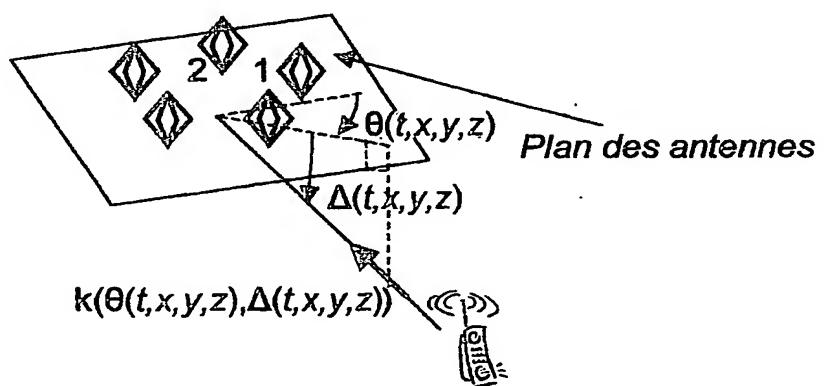


FIG.2

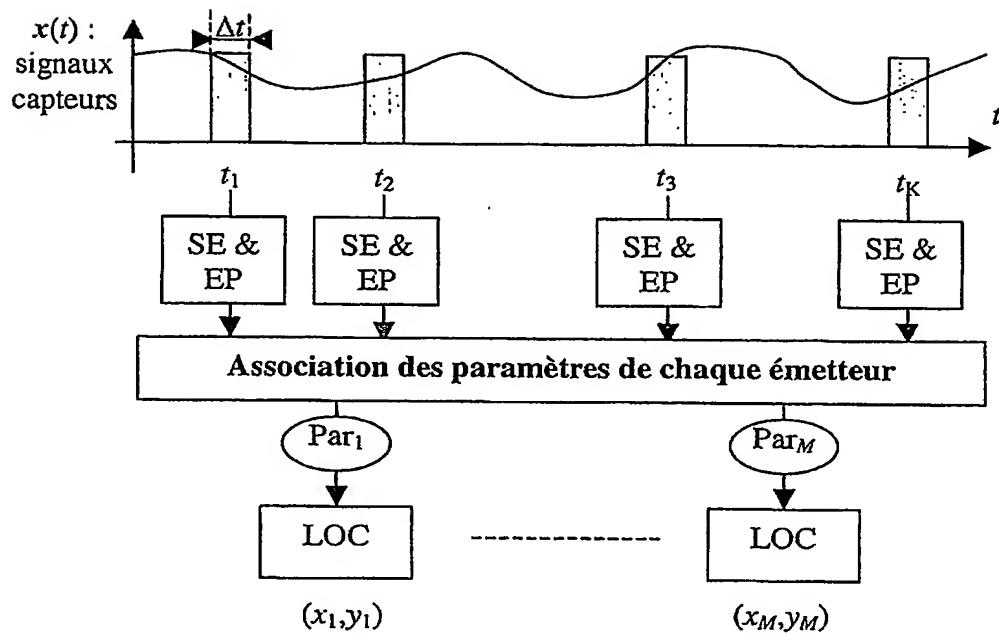


FIG.3

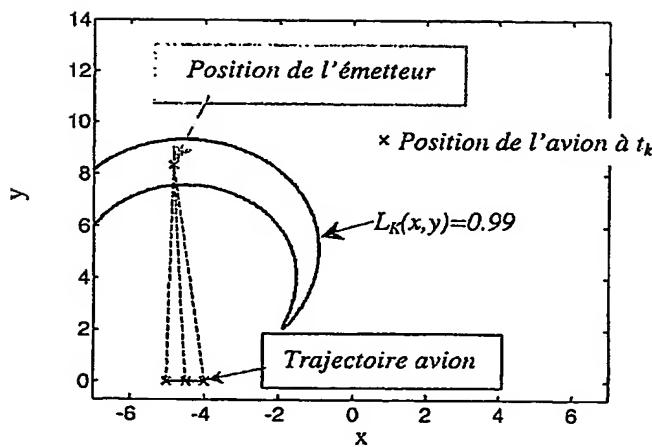


FIG.4

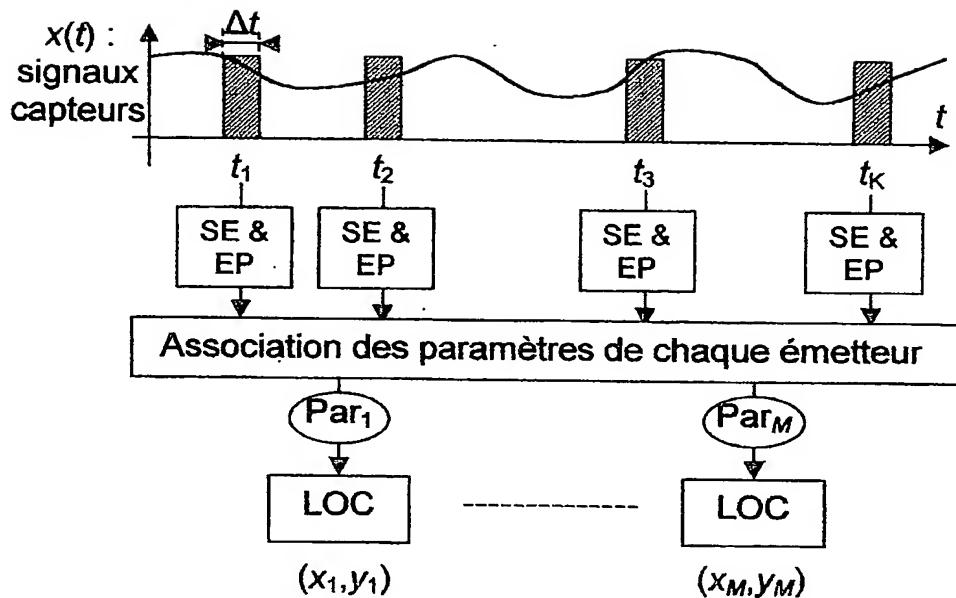


FIG.3

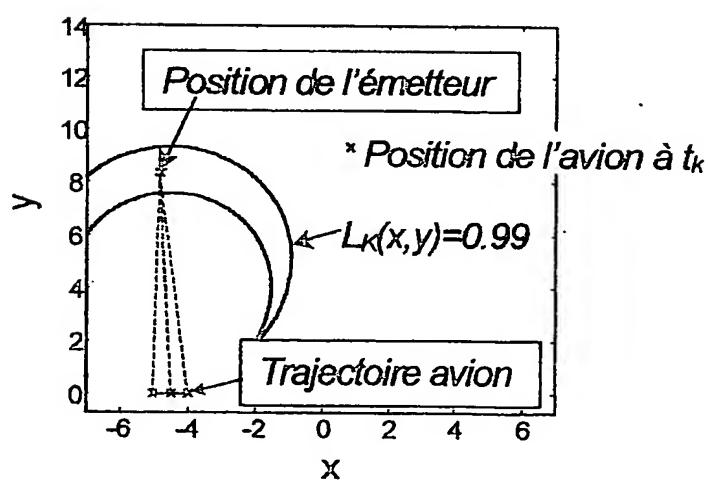


FIG.4

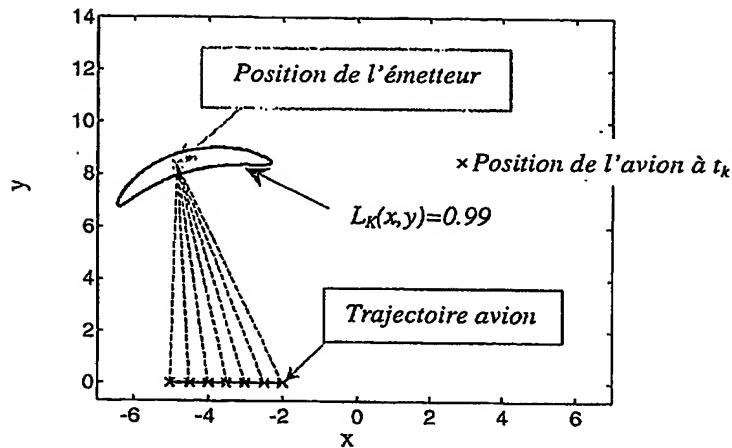


FIG.5

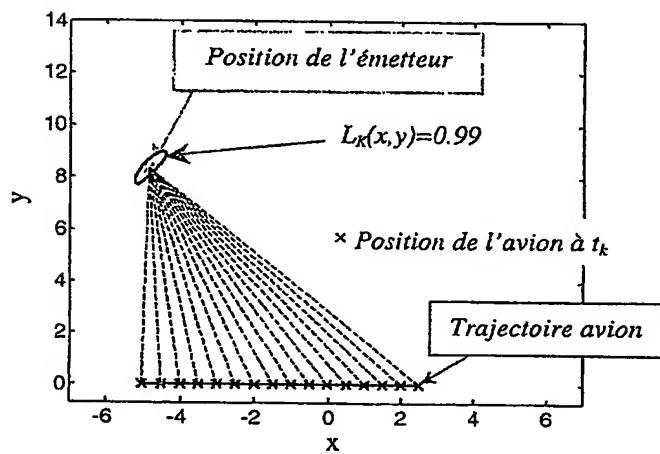


FIG.6

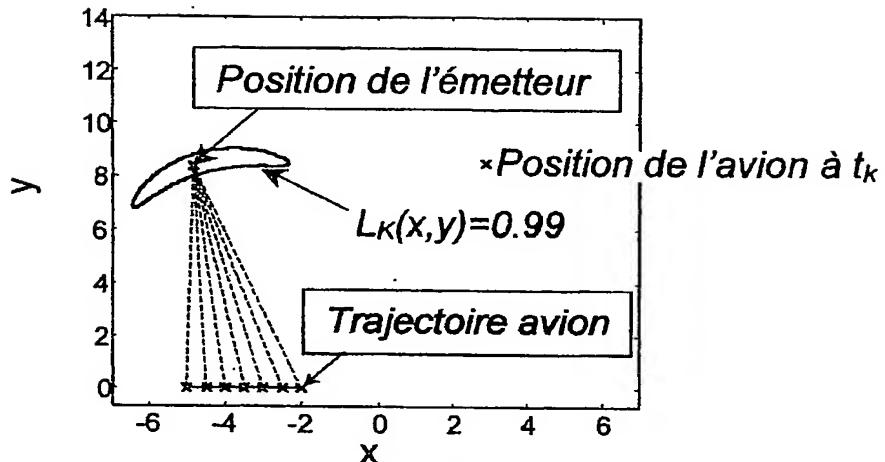


FIG.5

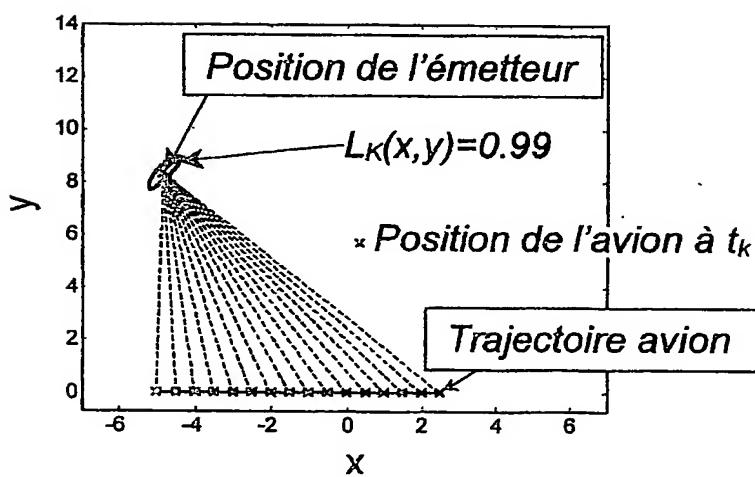


FIG.6

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

### DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

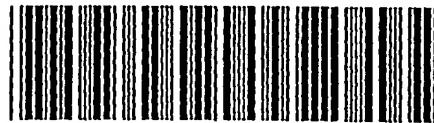
Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 © W / 210103

**INV**

Vos références pour ce dossier (facultatif)	63223																					
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0513128																					
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)																						
PROCEDE DE LOCALISATION D'UN OU DE PLUSIEURS EMETTEURS																						
LE(S) DEMANDEUR(S) :																						
THALES																						
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :																						
<table border="1"> <tr> <td>1 Nom</td> <td colspan="2">FERREOL</td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td colspan="2">Anne</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> <td>THALES INTELLECTUAL PROPERTY</td> </tr> <tr> <td></td> <td>31-33, Avenue Aristide Briand</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Code postal et ville</td> </tr> <tr> <td colspan="3">[9 1 4 1 1 1 7] ARCUEIL Cedex</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> </table>			1 Nom	FERREOL		Prénoms	Anne		Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY		31-33, Avenue Aristide Briand	Code postal et ville			[9 1 4 1 1 1 7] ARCUEIL Cedex			Société d'appartenance (facultatif)		
1 Nom	FERREOL																					
Prénoms	Anne																					
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY																				
		31-33, Avenue Aristide Briand																				
Code postal et ville																						
[9 1 4 1 1 1 7] ARCUEIL Cedex																						
Société d'appartenance (facultatif)																						
<table border="1"> <tr> <td>2 Nom</td> <td colspan="2">HEURGUIER</td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td colspan="2">Dominique</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> <td>THALES INTELLECTUAL PROPERTY</td> </tr> <tr> <td></td> <td>31-33, Avenue Aristide Briand</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Code postal et ville</td> </tr> <tr> <td colspan="3">[9 1 4 1 1 1 7] ARCUEIL Cedex</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> </table>			2 Nom	HEURGUIER		Prénoms	Dominique		Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY		31-33, Avenue Aristide Briand	Code postal et ville			[9 1 4 1 1 1 7] ARCUEIL Cedex			Société d'appartenance (facultatif)		
2 Nom	HEURGUIER																					
Prénoms	Dominique																					
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY																				
		31-33, Avenue Aristide Briand																				
Code postal et ville																						
[9 1 4 1 1 1 7] ARCUEIL Cedex																						
Société d'appartenance (facultatif)																						
<table border="1"> <tr> <td>3 Nom</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Prénoms</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Adresse</td> <td>Rue</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Code postal et ville</td> </tr> <tr> <td colspan="3">[1 1 1 1 1]</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Société d'appartenance (facultatif)</td> </tr> </table>			3 Nom			Prénoms			Adresse	Rue			Code postal et ville	[1 1 1 1 1]			Société d'appartenance (facultatif)					
3 Nom																						
Prénoms																						
Adresse	Rue																					
		Code postal et ville																				
[1 1 1 1 1]																						
Société d'appartenance (facultatif)																						
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivie du nombre de pages.																						
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> <b>(Nom et qualité du signataire)</b>																						
07 NOV. 2003 																						
Isabelle DUDOUIT																						

PCT/EP2004/052736



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**